

ANALISIS KURVA BELAJAR MODEL WRIGHT DAN STANFORD-B UNTUK PEMASANGAN KERAMIK RUKO X DI MALANG

Risqi Eka Purnamasari, Saifoe El Unas, As'ad Munawir

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia

Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430

E-mail : risqiekap@yahoo.com

ABSTRAK

Waktu penyelesaian suatu pekerjaan berulang cenderung menurun dari waktu ke waktu. Pengurangan waktu yang terjadi pada setiap pengulangannya memungkinkan adanya kenaikan produktivitas pada setiap pengulangan pekerjaan yang dapat diprediksi melalui metode kurva belajar serta regresi. Metode kurva belajar telah ada sejak lama tetapi belum banyak penelitian yang mengkaji tentang kemampuan kurva tersebut. Prediksi yang akan dilakukan oleh kurva belajar Wright, kurva belajar Stanford-B akan dibandingkan pula dengan model sudah dikenal berperan dalam memprediksi (*forecasting*) diantaranya regresi eksponensial dan polinomial. Persamaan untuk kurva belajar Wright adalah $t_n = t_1 \cdot n^b$ dan kurva belajar model Stanford-B adalah $t_n = t_1 (n + B)^b$. Kurva regresi eksponensial yang dilibatkan dalam penelitian ini hanya sebatas model $y = be^{ax}$, $y = a \ln x + b$, serta $y = ax^b$. Untuk persamaan polinomial digunakan orde tiga. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui diantaranya persamaan kurva belajar yang dihasilkan oleh model Wright dan Stanford-B, persamaan kurva belajar yang dihasilkan oleh model regresi eksponensial dan polinomial, serta mengetahui kemampuan kurva belajar dalam memprediksi pengurangan waktu serta peningkatan produktivitas pada pemasangan keramik ruko x di Malang.

Kata kunci: kurva belajar, pekerjaan pemasangan keramik, waktu pekerjaan.

ABSTRACT

Time of completion of a repetitive jobs tend to decline over time. Reduction of time that occurs in each of loops enable an increase in productivity on every repetition of work that can be predicted through the learning curve and regression methods. Method of learning curve has been around a long time but have not been many studies that assess the ability of the curve. Predictions will be done by the Wright learning curve, learning curve Stanford-B will be compared also with models already known roles in predicting (*forecasting*) including exponential and polynomial regression. The equation for the learning curve Wright is $t_n = t_1 \cdot n^b$ dan learning curve model of Stanford-B is $t_n = t_1 (n + B)^b$. Exponential regression curves were included in this study was limited to the model $y = be^{ax}$, $y = a \ln x + b$, and $y = ax^b$. For the three-order polynomial equations used. So the purpose of this study was to determine whom equation learning curve generated by the model Wright and Stanford-B, the equation is a learning curve generated by the regression model exponential and polynomial, as well as determine the ability of a learning curve in predicting time reduction as well as the progressive increase in the productivity of the installation of ceramic in commercial x building in Malang.

Keywords : learning curve , tiling work , work time

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan pemasangan keramik pada beberapa proyek merupakan pekerjaan berulang yang tak kalah penting dengan sub pekerjaan yang lain. Pihak pelaksana mencoba berbagai macam cara untuk meningkatkan produktivitas agar pelaksanaan pemasangan keramik tidak melebihi waktu yang telah ditentukan. Banyak hal yang mempengaruhi besar kecilnya produktivitas antara lain, metode, teknologi, manajemen lapangan, lingkungan kerja dan faktor manusia. Pekerjaan pemasangan keramik sangat berkaitan erat dengan faktor manusia yaitu pekerja. Pekerja sebagai faktor yang berperan besar dalam produktivitas pemasangan keramik karena pekerjaan tersebut tidak dapat dikerjakan dengan hanya bantuan mesin. Tidak heran apabila produktivitas pekerjaan ini sangat berkaitan dengan pekerja. Tanpa disadari produktivitas dapat meningkat seiring dengan semakin terbiasanya pekerja melakukan pekerjaan tersebut sehingga terjadi pengurangan waktu pada setiap pemasangan keramik per satuan luas. Pengurangan waktu pada setiap pemasangan keramik per satuan luas berarti dapat mengurangi waktu total untuk keseluruhan pelaksanaan pekerjaan tersebut. Sangat menguntungkan bagi pihak kontraktor apabila dapat memperhitungkan pengurangan waktu yang terjadi secara pasti.

Pengamatan tentang adanya kecenderungan pengurangan waktu yang berakibat pada pengurangan biaya pada setiap pekerjaan berulang telah dipelajari pertama kali oleh T. P. Wright pada tahun 1935 dan disajikan pada kurva yang disebut sebagai *learning curve* atau kurva belajar. Pengamatan pertama tentang adanya kecenderungan pengurangan waktu bermula pada pengamatannya terhadap pembuatan kerangka pesawat (tanpa mesin). Selanjutnya terdapat banyak jenis penyempurnaan terhadap cara pengolahan data

dalam menghasilkan kurva belajar, salah satunya adalah model Stanford-B. Model tersebut melibatkan dan mempertimbangkan adanya pengalaman kerja si pekerja. Terkait dengan pekerjaan pemasangan keramik, kurva belajar dapat memberikan gambaran tentang percepatan waktu yang terjadi selama proses pemasangan keramik. Perlunya mengadakan pengamatan secara teliti terhadap pemasangan keramik dari segi waktu maupun produktivitasnya sebagai data dalam pembuatan kurva belajar. Selain itu, penggunaan metode dan pengolahan data dengan jenis model yang sesuai akan dapat menghasilkan prediksi yang semakin akurat.

Adanya kemungkinan perbedaan prediksi menggunakan model Wright dibanding model pengembangannya yaitu Stanford-B membuat menarik untuk membandingkan dan mengkaji hal ini. Keakuratan prediksi waktu penyelesaian pekerjaan pemasangan keramik akan sangat membantu pihak pelaksana untuk menentukan langkah selanjutnya agar waktu yang tersisa dari waktu total pelaksanaan pekerjaan dapat dimaksimalkan seefektif dan seefisien mungkin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diambil suatu rumusan masalah, yaitu:

1. Apakah untuk pekerjaan berulang terjadi adanya pengurangan waktu?
2. Berapa produktivitas pemasangan keramik pada proyek Ruko X di Kota Malang sesuai pengamatan langsung?
3. Bagaimana *kurva belajar* pada pemasangan keramik menggunakan model Wright dan model Stanford-B?
4. Bagaimana *kurva belajar* pada waktu tertentu menggunakan model regresi eksponensial dan polinomial?

1.3 Batasan Masalah

Analisa yang dilakukan dalam hal ini terbatas pada:

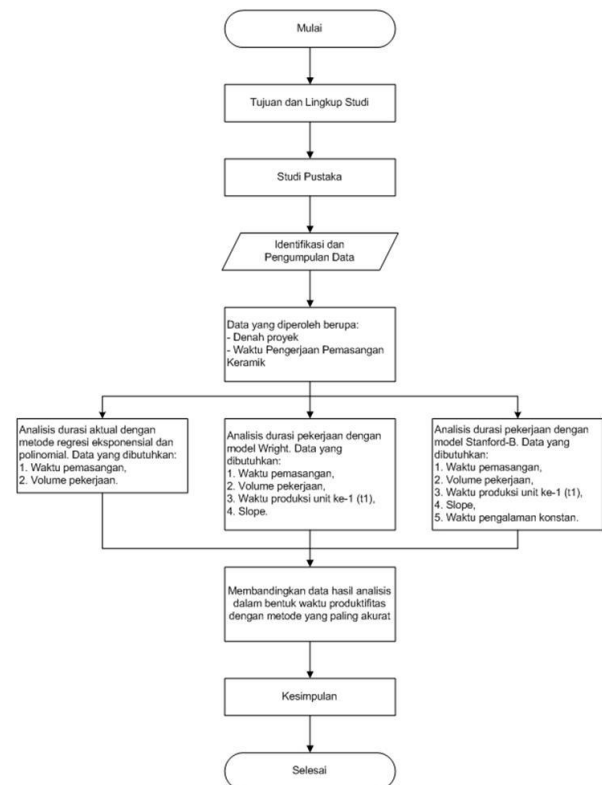
1. Lokasinya terletak pada proyek Ruko X.
2. Kelompok kerja yang diamati adalah tenaga kerja yang terdiri dari tukang keramik dan pekerja pada proyek pembangunan Ruko X di Kota Malang
3. Pekerjaan yang diamati adalah pekerjaan pemasangan keramik dan tidak mengamati selain pekerjaan tersebut.
4. Pengamatan dilakukan antara pukul 08.00 pada pagi hari hingga pukul 15.30 pada sore hari.
5. Jenis bangunan merupakan ruko 3 lantai.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui ada tidaknya pengurangan waktu pada pekerjaan berulang
2. Mengetahui produktivitas pemasangan keramik pada proyek Ruko X dari pengamatan langsung.
3. Mengetahui persamaan learning curve yang dihasilkan oleh model Wright dan Stanford-B.
4. Mengetahui persamaan learning curve yang dihasilkan oleh model regresi eksponensial dan polynomial
5. Mengetahui kemampuan learning curve dalam memprediksi pengurangan waktu serta peningkatan produktivitas pada pemasangan keramik Ruko X di Kota Malang.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HIPOTESIS

Hipotesis nol pada penelitian ini adalah waktu rata-rata pekerjaan pemasangan keramik pada setiap *kumulatif siklus ke-* di Ruko X akan lebih kecil pada setiap pengulangannya. Maksudnya adalah *waktu rata-rata sampai siklus ke- 2* akan lebih kecil dari waktu rata-rata sampai siklus sebelumnya dan seterusnya. Hipotesis kedua adalah alternatif apabila hipotesis nol ditolak dan menyatakan bahwa pada pemasangan keramik *kumulatif siklus ke-2* tidak terdapat penghematan waktu dibanding pemasangan keramik pada *kumulatif siklus pertama* begitu seterusnya. Kedua hipotesis dapat ditulis seperti dibawah ini:

$$H_0: X_a > X_b$$

$$H_1: X_a < X_b$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kecukupan Data

Perhitungan tentang luasan dan sampel berdasarkan rumus Slovin dijabarkan seperti di bawah ini.

Perhitungan dengan Rumus Slovin

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Dimana,

n: jumlah sampel

N: jumlah populasi

e: batas toleransi kesalahan (error tolerance)

Sehingga:

$$N = 949,76$$

$$e = 0,05$$

$$n = \frac{949,76}{1 + 949,76 \cdot (0,05)^2} = 281,46 \sim 290 \text{ m}^2$$

4.2 Pengujian Hipotesis

Data sampel yang terkumpul dari pengamatan dilapangan kemudian akan digunakan untuk tes hipotesis. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, uji yang digunakan berupa uji-t *pengamatan berpasangan*.

Tabel 4.1 Data Waktu dan Perbedaan Sampel

No	Siklus	Waktu Real	Waktu Rata-rata sampai siklus ke- (t)	Perbedaan (d)	(d- \bar{d})	(d- \bar{d}) ²
1	1	65,85	65,85	-65,85	-64,10	4108,27
2	2	63,50	64,68	1,18	2,93	8,58
3	3	47,38	58,91	5,76	7,52	56,52
4	4	56,05	58,20	0,72	2,47	6,10
5	5	63,78	59,31	-1,12	0,64	0,41
6	6	57,43	59,00	0,31	2,07	4,27
7	7	51,07	57,87	1,13	2,89	8,34
8	8	53,33	57,30	0,57	2,32	5,39
9	9	53,57	56,89	0,41	2,17	4,70
10	10	34,52	54,65	2,24	3,99	15,93
11	11	48,60	54,10	0,55	2,30	5,31
12	12	46,07	53,43	0,67	2,42	5,87
13	13	49,17	53,10	0,33	2,08	4,34
14	14	43,62	52,42	0,68	2,43	5,91
15	15	44,32	51,88	0,54	2,29	5,27
16	16	51,93	51,89	0,00	1,75	3,07
17	17	74,03	53,19	-1,30	0,45	0,20
18	18	46,40	52,81	0,38	2,13	4,54
19	19	37,23	51,99	0,82	2,57	6,63
20	20	52,43	52,01	-0,02	1,73	3,00
21	21	51,35	51,98	0,03	1,79	3,19
22	22	51,82	51,98	0,01	1,76	3,10
23	23	50,70	51,92	0,06	1,81	3,27
24	24	61,75	52,33	-0,41	1,34	1,81
25	25	34,07	51,60	0,73	2,48	6,17
26	26	44,22	51,31	0,28	2,04	4,15
27	27	41,63	50,96	0,36	2,11	4,46
28	28	56,95	51,17	-0,21	1,54	2,37
29	29	42,52	50,87	0,30	2,05	4,21
				Σd	-50,87	$\Sigma (d-\bar{d})^2$ 4295,40
				\bar{d}	-1,75	

Hipotesis:

$$H_0 : H_a > H_b$$

$$H_1 : H_a < H_b$$

Perhitungan t hitung:

$$t = \frac{d}{S_d \sqrt{n}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\Sigma (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{4295,4}{29 - 1}}$$

$$= 12,386$$

$$t = \frac{3}{12,386 / \sqrt{29}}$$

$$= -0,762$$

Perhitungan t tabel:

$$df = n - 1 = 29 - 1 = 28$$

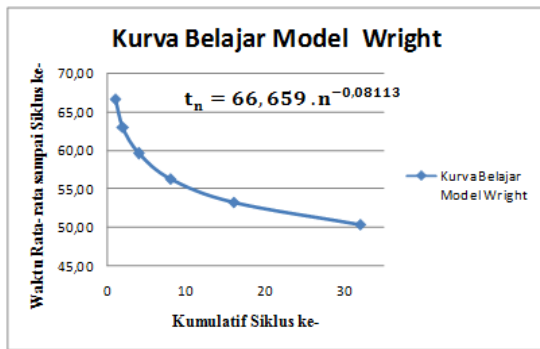
$$\alpha = 0,05$$

$$t = -1,70113 \text{ (luas arsir satu ujung)}$$

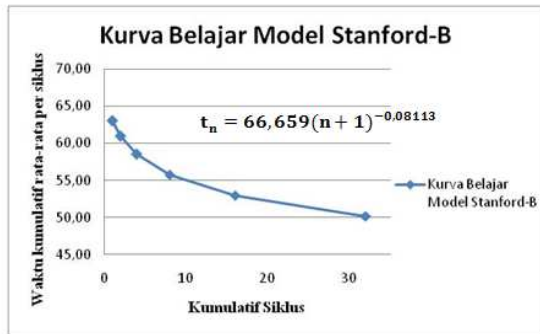
Karena t hitung masih berada dalam daerah diterima sehingga *Ho diterima*.

4.3 Kurva Belajar Model Wright dan Stanford-B

Prediksi yang dilakukan oleh kurva belajar model Wright dan Stanford-B memiliki koefisien determinasi yang tinggi yaitu 99,997%. Dan memiliki persamaan $t_n = 66,659 \cdot n^{-0,08113}$ untuk model Wright dan $t_n = 66,659(n + 1)^{-0,08113}$. Dengan nilai B sebesar 1 ditentukan dengan cara coba-coba.



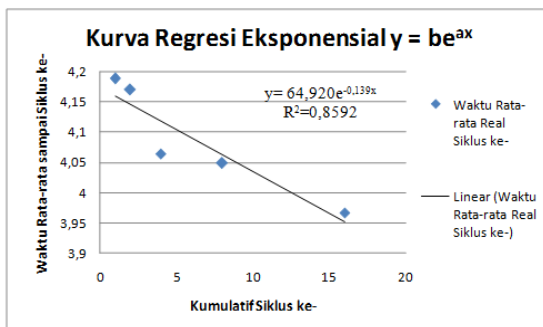
Gambar 4.1 Kurva Belajar Model Wright



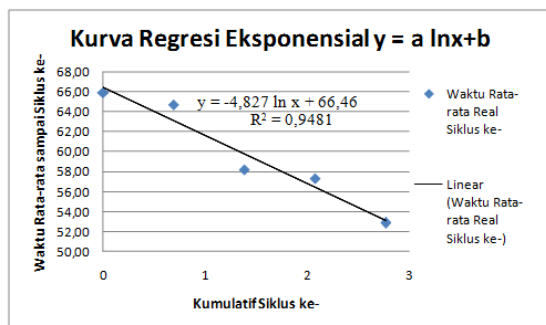
Gambar 4.2 Kurva Belajar Model Stanford-B

4.4 Model Regresi dan Polinomial Menggunakan 5 Data Sampel

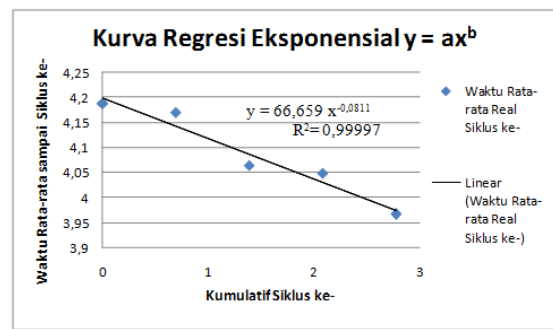
Berikut adalah kurva prediksi oleh model regresi dan polinomial dengan menerapkan *doubling effect* dan hanya menggunakan 5 data sampel.



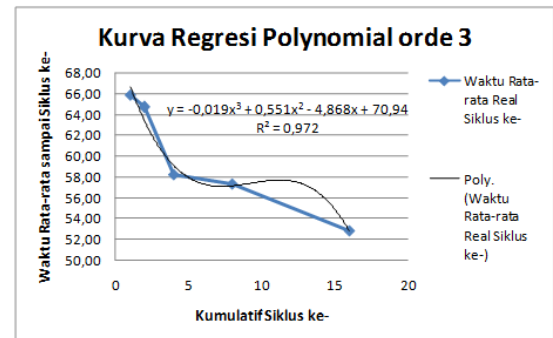
Gambar 4.3 Kurva Regresi Eksponensial $y = be^{ax}$



Gambar 4.4 Kurva Regresi Eksponensial $y = a \ln x + b$



Gambar 4.5 Kurva Regresi Eksponensial $y = ax^b$



Gambar 4.6 Kurva Kumulatif Polinomial Orde 3

Prediksi *waktu rata rata sampai siklus ke-* yang dilakukan oleh ke 6 persamaan di atas terhadap waktu rata-rata sesungguhnya akan disajikan pada tabel berikut.

Gambar 4.7 Prediksi *Waktu rata-rata sampai siklus ke-17 hingga ke-32*

No	Kumulatif Siklus ke-	Waktu Rata-rata sampai Siklus ke- (Real)	Waktu Rata-rata sampai Siklus ke- (Prediksi)		
			Wright	Stanford-B	Regresi Eksponensial $y = be^{ax}$
1	17	53,19	52,9703	51,0190	51,2579
2	18	52,81	52,7252	50,8687	50,5503
3	19	51,99	52,4945	50,7241	49,8525
4	20	52,01	52,2765	50,5848	49,1644
5	21	51,98	52,0699	50,4504	48,4857
6	22	51,98	51,8738	50,3206	47,8164
7	23	51,92	51,6871	50,1952	47,1564
8	24	52,33	51,5089	50,0737	46,5055
9	25	51,60	51,3386	49,9561	45,8635
10	26	51,31	51,1755	49,8421	45,2304
11	27	50,96	51,0190	49,7314	44,6061
12	28	51,17	50,8687	49,6239	43,9903
13	29	50,87	50,7241	49,5194	43,3831
14	30	50,58	50,5848	49,4178	42,7842
15	31	50,21	50,4504	49,3189	42,1936
16	32	50,30	50,3206	49,2226	41,6112

No	Kumulatif Siklus ke-	Waktu Rata-rata sampai Siklus ke- (Real)	Waktu Rata-rata sampai Siklus ke- (Prediksi)		
			Regresi Eksponensial $y = a \ln x + b$	Regresi Eksponensial $y = ax^b$	Regresi Polynomial Orde 3
1	17	53,19	52,7841	52,9703	49,439
2	18	52,81	52,5082	52,7252	45,510
3	19	51,99	52,2472	52,4945	40,525
4	20	52,01	51,9996	52,2765	34,364
5	21	51,98	51,7641	52,0699	26,907
6	22	51,98	51,5395	51,8738	18,034
7	23	51,92	51,3250	51,6871	7,625
8	24	52,33	51,1195	51,5089	-4,440
9	25	51,60	50,9225	51,3386	-18,281
10	26	51,31	50,7332	51,1755	-34,018
11	27	50,96	50,5510	51,0190	-51,771
12	28	51,17	50,3754	50,8687	-71,660
13	29	50,87	50,2061	50,7241	-93,805
14	30	50,58	50,0424	50,5848	-118,326
15	31	50,21	49,8841	50,4504	-145,343
16	32	50,30	49,7309	50,3206	-174,976

Terlihat bahwa dari prediksi yang dilakukan oleh keenam persamaan tersebut yang paling mendekati

V. KESIMPULAN

Dari serangkaian penelitian dan analisis data, sehingga dapat disimpulkan:

1. Pekerjaan pemasangan keramik merupakan pekerjaan berulang. Pengamatan yang dilakukan terhadap pemasangan keramik berupa pengamatan waktu. Pencatatan terhadap waktu dilakukan setiap siklus yaitu setiap 10m². Pencatatan untuk uji sampel dilakukan sebanyak 29 kali yaitu sesuai perhitungan kecukupan data sampel sebesar 290m². Setelah dilakukan uji hipotesis ternyata hipotesis diterima sehingga untuk pekerjaan berulang terjadi pengurangan waktu. Waktu yang diuji bukan merupakan waktu per siklus tetapi waktu kumulatif rata-rata.
2. Produktivitas pemasangan keramik pada pengamatan langsung sangat beragam pada setiap siklusnya. Hal ini disebabkan waktu yang berbeda-beda pada penyelesaian pemasangan keramik tiap siklusnya. Produktivitas yang didapat adalah minimum sebesar 8,1 m²/jam serta maksimum sebesar 17,61 m²/jam.
3. Persamaan yang dihasilkan oleh Model Wright dan Stanford-B berturut turut adalah $t_n = 66,659 \cdot n^{-0,08113}h$ dan $t_n =$

adalah persamaan kurva belajar Wright dan regresi eksponensial $y = ax^b$. apabila dicermati, persamaan yang dihasilkan oleh keduanya sangatlah mirip ata dapat dikatakan sama. Hal ini juga membuktikan bahwa persamaan kurva belajar Wright merupakan hasil regresi eksponensial $y = ax^b$ yang dalam pengeplotkan datanya menerapkan *doubling effect*. Kurva belajar hanya dapat digunakan untuk memprediksi waktu rata-rata untuk kumulatif siklus dan kurang tepat apabila digunakan dalam prediksi waktu per siklus.

66,659(n + 1)^{-0,08113}. Keduanya memiliki nilai T1 dan slope (b) yang sama. Regresi linier terhadap kelima data tersebut menghasilkan koefisien determinasi atau tingkat kecocokan sebesar **99,997%**.

4. Persamaan regresi eksponensial $y = 64,9209 e^{-0,0139x}$, $y = -4,827 \ln x + 66,46$, $y = 66,659 x^{-0,08113}$, dan polinomial yaitu $y = -0,0199 x^3 + 0,5517 - 4,8687 x + 70,944$. Dari keempat persamaan di atas prediksi paling baik dilakukan oleh persamaan **$y = 66,659 x^{-0,08113}$** . Persamaan eksponensial tersebut menyamai persaman model Wright yaitu **$t_n = 66,659 \cdot n^{-0,08113}$** . Sedangkan persamaan polinomial tidak sesuai untuk memprediksi pekerjaan pemasangan keramik, karena telah dibuktikan bahwa terdapat perbedaan yang sangat jauh dari kenyataan.
5. Metode yang cocok digunakan untuk memprediksi *waktu rata-rata sampai siklus ke-* adalah model Wright dan regresi eksponensial **$y = 66,659 x^{-0,08113}$** . Prediksi yang dilakukan oleh keduanya sangat mirip dengan hasil sesungguhnya sehingga produktivitas juga dapat diprediksi dengan membandingkan antara *luas rata-rata sampai*

siklus ke- dengan waktu rata-rata sampai siklus ke- sehingga dapat diperoleh produktivitas untuk kumulatif siklus ke-17 hingga ke-32 yang menyamai keadaan aslinya. Sehingga dapat pula disimpulkan bahwa kurva belajar Wright merupakan regresi eksponensial jenis $y = ax^b$ yang menerapkan doubling effect untuk data yang diregresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2010. *Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Barnes, Ralph M. 1980. *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*. New York: John Wiley and Sons.
- Dar-El,E. 2000. *Human Learning: from Learning Curve to Learning Organization*. Israel: Kluwer Academic Publishers.
- Dipohusodo, I. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi-Jilid 2*. Yogyakarta: Kanisus.
- Moore, Capt Justin R, dkk. 2015. *Acquisition Challenge: The Importance of Incompressibility in Comparing Learning Curve Model*, vol. 22, 420-427.
- M. A. Sudjana. 1992. *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito
- Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No. 8 tentang Pemberlakuan Standar

Nasional Indonesia (SNI) Ubin Keramik secara Wajib.

Putra, Raden,dkk. 2013. *Aplikasi SIG untuk Penentuan Daerah Quick Count Pemilihan Kepala Daerah (Studi Kasus: Pemilihan Walikota Cirebon 2013, Jawa Barat)*.

Sugiarto, dkk. 2001. *Teknik Sampling*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Supranto, J. 1992. *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.

Teplitz, C.J. 1991. *The Learning Curve Deskbook: A Reference Guide to Theory, Calculations, and Applications*. Westport: Quorum books.

Undang Undang No.13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.

Walpole,R.E, Raymond. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: Penerbit ITB.

Wideman, R. Max. 2001. *Applying Resource Loading, Production and Learning Curve to Construction: A Pragmatic Model Approach*, 12.

Widyartono, Didin. 2014. *Bahasa Indonesia Riset: Panduan Menulis Karya Ilmiah di Perguruan Tinggi*. Malang: Brawijaya University Press.

**ANALISIS KURVA BELAJAR MODEL WRIGHT DAN STANFORD-B
UNTUK PEMASANGAN KERAMIK RUKO X DI MALANG**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Risqi Eka Purnamasari
NIM. 125060100111031

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016